

**PENGARUH VARIASI KEMIRINGAN TUBUH HILIR BENDUNG DAN
PENEMPATAN *BAFFLE BLOCKS* PADA KOLAM OLAK TIPE
SOLID ROLLER BUCKET TERHADAP LONCATAN
HIDROLIS DAN PEREDAMAN ENERGI**

Naskah Publikasi

**untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil**



diajukan oleh :

PEMBRA JUNED ADIPURA

NIM : D100090021

NIRM : 09.6.106.03010.50021

kepada

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2013

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI KEMIRINGAN TUBUH HILIR BENDUNG DAN
PENEMPATAN *BAFFLE BLOCKS* PADA KOLAM OLAK TIPE
SOLID ROLLER BUCKET TERHADAP LONCATAN
HIDROLIS DAN PEREDAMAN ENERGI**

Naskah Publikasi

untuk memenuhi sebagian persyaratan
mencapai derajat Sarjana S-1 Teknik Sipil

diajukan oleh :

PEMBRA JUNED ADIPURA

NIM : D100090021

NIRM : 09.6.106.03010.50021

disetujui,

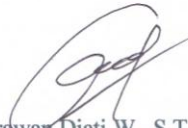
Pembimbing Utama



Jaji Abdurrosyid, S.T., M.T.

NIK. 691

Pembimbing Pendamping



Gurawan Djati W., S.T., M.T.

NIK. 782

PENGARUH VARIASI KEMIRINGAN TUBUH HILIR BENDUNG DAN PENEMPATAN *BAFFLE BLOCK* PADA KOLAM OLAK TIPE *SOLID ROLLER BUCKET* TERHADAP LONCATAN HIDROLIK DAN PEREDAMAN ENERGI

Jaji Abdurrosyid¹⁾, Gurawan Djati Wibowo²⁾ dan Pembra Juned Adipura³⁾

^{1),2)} Staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan Surakarta 57102. Email jarrosyid@yahoo.com
jatiwibowolimo@yahoo.co.id

³⁾ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Jl. A. Yani Tromol Pos 1, Pabelan Surakarta 57102. Email munidi64@gmail.com

ABSTRAKSI

Salah satu konstruksi bangunan air yang digunakan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya air adalah bendung. Peninggian muka air karena pembendungan akan mengakibatkan adanya aliran yang deras di bagian hilir. Jika dalam suatu aliran terjadi perubahan jenis aliran dari superkritis ke subkritis, maka akan terjadi loncatan hidrolis atau yang sering disebut *hydraulic jump*. Guna mereduksi energi yang terdapat di dalam aliran tersebut, maka diperlukan bangunan peredam energi yaitu kolam olakan (*stilling basin*). Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kemiringan tubuh hilir bendung dan pengaruh susunan *baffle blocks* terhadap loncatan hidrolis dan peredaman energi.

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidraulika Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UMS. Penelitian ini menggunakan *open flume* berukuran 30x60x1000 cm dengan kemiringan dasar saluran 0,0058. Menggunakan pelimpah *ogee* dengan kemiringan hilir 1:4, 2:4, 3:4, 4:4 dan menggunakan kolam olak tipe *solid roller bucket* dengan ukuran *baffle blocks* 5/12 R. Penelitian dilakukan pada enam belas perlakuan (kemiringan hilir bendung dan penempatan *baffle blocks*) dengan empat variasi debit air dan pada setiap debitnya kemudian dilakukan pengujian turbulensi aliran, panjang pusaran air dan kehilangan energi.

Hasil penelitian menunjukkan beberapa kesimpulan, pertama semakin bertambahnya debit aliran, maka semakin besar turbulensi dan panjang loncatan hidrolis di hilir pusaran serta semakin kecil nilai prosentase kehilangan energinya. Kedua, susunan *baffle blocks* yang paling efektif dalam meredam turbulensi dan loncatan hidrolis di hilir pusaran adalah yang dipasang pada tengah-tengah radius lengkung. Ketiga, efisiensi kehilangan energi bertambah seiring berkurangnya variasi debit, perlakuan tanpa *baffle blocks* adalah yang paling efektif. Keempat, dengan debit aliran yang sama dari variasi kemiringan tubuh hilir bendung tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap turbulensi aliran dan kehilangan energi kecuali pada panjang loncatan hidrolis, yaitu kemiringan 4:4 yang paling efektif.

Kata Kunci: pelimpah *ogee*, *solid roller bucket*, *baffle blocks*, loncatan hidrolis

PENDAHULUAN

Peninggian muka air karena adanya pembendungan mengakibatkan perubahan jenis aliran dari superkritis menjadi subkritis, maka akan terjadi loncatan air (*hydraulic jump*). Guna mereduksi energi yang terdapat di dalam aliran tersebut biasanya dipakai kolam olakan (*stilling basin*). Pemilihan kolam olak tipe *solid roller bucket* didasarkan pada perilaku hidrolis yang terbentuk dua pusaran, satu pusaran akan bergerak ke arah berlawanan dengan jarum jam dan pusaran lainnya akan bergerak searah dengan jarum jam. Selain itu, susunan dan bentuk *baffle*

blocks sangat berpengaruh terhadap gerusan di hilir bendung dan panjang loncatan air.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kemiringan tubuh hilir bendung serta bentuk dan susunan *baffle blocks* terhadap turbulensi, panjang loncatan air dan kehilangan energi di hilir pusaran.

TINJAUAN PUSTAKA

Beberapa penelitian yang pernah dilakukan berkaitan dengan peredam energi pada kolam olakan diantaranya :

Agnes (1999) melakukan penelitian dan menyimpulkan bahwa pemasangan *baffle blocks*

sangat mempengaruhi loncatan air dan juga tata letak *baffle blocks* yang berbeda akan menghasilkan panjang kolam olakan yang berbeda pula. Sedangkan pada model pelimpah yang tidak memakai *baffle blocks* loncatan yang dihasilkan lebih panjang dibanding model yang memakai *baffle blocks*.

Tauvan (2009) melakukan penelitian tentang efektivitas *baffle blocks* pada kolam olak *type solid bucket*. Hasil penelitian ini adalah *baffle blocks* dengan dimensi 2,5 cm dan peletakan pada kolam olak dua baris tegak lurus bersilangan yang paling efektif meredam energi.

Irawan (2011) melakukan percobaan penelitian pengaruh variasi kemiringan pada hulu bendung dan penggunaan kolam olak tipe *solid roller bucket* terhadap loncatan air dan gerusan setempat. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa kedalaman air saat awal loncatan hidrolis lebih rendah dibandingkan setelah loncatan, tetapi energi spesifik saat awal loncatan hidrolis lebih besar dibandingkan setelah loncatan. Dengan debit aliran yang sama dari variasi kemiringan hulu bendung, tidak terjadi perbedaan yang berarti terhadap panjang gerusan.

LANDASAN TEORI

Pelimpah sebagai salah satu komponen dari saluran pengatur aliran, dibuat untuk meninggikan muka air. Akibat dari peninggian muka air tersebut terjadi perubahan aliran yang cepat dan energi yang sangat besar yang menyebabkan penggerusan saluran di bawah pelimpah (Mays, 1999; Triatmodjo, 1995; Ranga Raju, 1986). Sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi gerusan tersebut dibuat suatu bangunan peredam energi atau yang lebih dikenal dengan kolam olakan (*stilling basin*). Sering kali kolam olak dilengkapi dengan adanya *baffle blocks* atau blok-blok halang untuk menambah efektivitas redaman energi (Peterka, 1974).

A. Tipe Aliran Pada Bendung

Saluran terbuka adalah saluran dengan muka air bebas pada semua titik di sepanjang saluran dengan tekanan di permukaan air adalah sama, yang biasanya adalah tekanan atmosfer. Pengaliran melalui suatu pipa (saluran tertutup) yang tidak penuh (masih ada muka air bebas) masih termasuk dalam aliran terbuka (Chow, 1992; Raju, 1986)).

B. Bilangan Reynolds

Pengaruh kekentalan dengan kelembaman (inersia) pada suatu aliran menghasilkan sifat laminar, turbulen atau peralihan. Suatu aliran disebut laminar apabila gaya kekentalan relatif lebih besar daripada gaya kelembaman sehingga kekentalan mempengaruhi sifat aliran. Aliran disebut turbulen apabila gaya kekentalan relatif lebih kecil daripada gaya kelembaman. Adapun aliran bersifat peralihan dimana terletak diantara aliran laminar dan turbulen.

$$Re = \frac{V.R}{\nu}$$

dengan

Re = Bilangan Reynolds

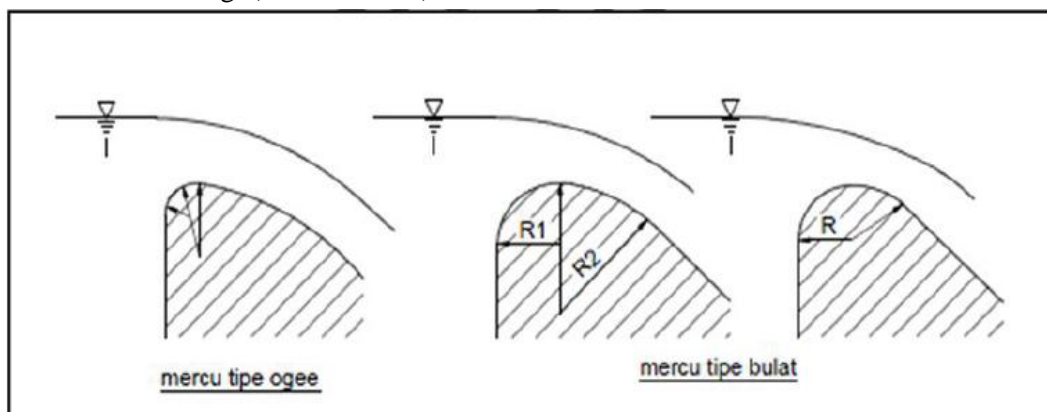
V = kecepatan (m/dt)

R = jari-jari hidrolis (m)

ν = kekentalan kinematik (cm^2/dt)

C. Mercu Pelimpah

Bendung atau pelimpah adalah suatu bangunan air yang dibangun melintang sungai untuk meninggikan muka air sungai dan atau membendung aliran sungai sehingga aliran sungai bisa disadap dan dialirkan secara gravitasi ke daerah yang membutuhkannya. Sedangkan mercu adalah bagian paling atas pelimpah, yang berinteraksi langsung dengan air yang melimpas. Sehingga bentuk mercu menentukan karakteristik aliran yang terjadi di hilir. Di Indonesia umumnya menggunakan dua tipe mercu pelimpah untuk bendung yaitu tipe Ogee dan tipe Bulat.

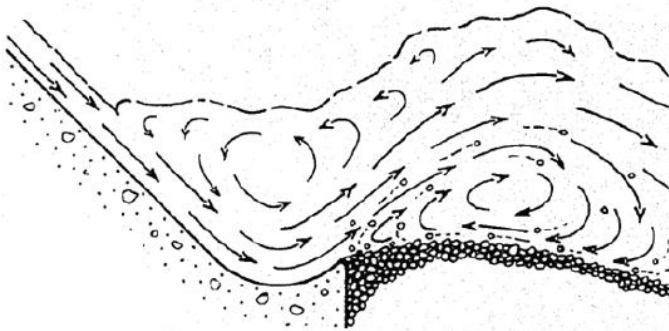


Gambar 1. Bentuk Mercu Tipe Ogee dan Tipe Bulat (KP-02)

D. Peredam Energi Tipe Roller Bucket

Peredam energi (*energy dissipator*) atau kolam olak (*stilling basin*) adalah sruktur dari bangunan di hilir tubuh bendung yang terdiri dari beberapa tipe dan bentuk, di kanan dan kirinya dibatasi oleh tembok pangkal bendung dilanjutkan dengan tembok sayap hilir dengan bentuk tertentu (Desain Hidrolik Bendung Tetap, 2002).

Fungsi dari bangunan ini adalah untuk meredam energi air akibat loncatan air agar air di bagian hilir bendung tidak menimbulkan pergerusan setempat yang membahayakan stuktur



Gambar 2. Pusaran Air pada Kolam Olak Tipe *Solid Roller Bucket* (A. J. Pererka, 1974)

E. Loncatan Air

Loncatan air terjadi akibat adanya perubahan aliran dari superkritis menjadi subkritis. Umumnya loncatan air terjadi pada saat air keluar dari suatu pelimpah atau pintu air. Panjang loncatan dapat didefinisikan sebagai jarak antara permukaan depan loncatan air/hidroliis sampai dengan suatu titik pada permukaan gulungan ombak yang segera menuju hilir. Panjang loncatan sulit ditentukan secara teoritis, tetapi telah banyak diselidiki dengan cara percobaan di laboratorium.

F. Energi Spesifik

Energi spesifik dalam suatu penampang saluran dinyatakan sebagai energi air setiap kilogram gaya (kgf) pada setiap penampang saluran (m), diperhitungkan terhadap dasar saluran.

$$E_s = h \cdot \cos \theta + \alpha \cdot \frac{v^2}{2g}$$

dengan :

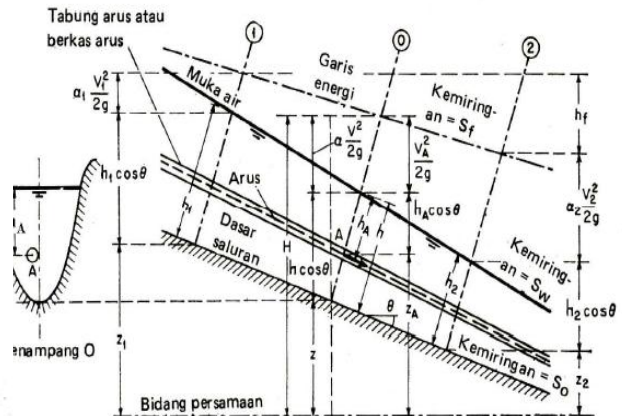
E_s = energi spesifik (m)

h = kedalaman (m)

θ = sudut kemiringan dasar saluran (°)

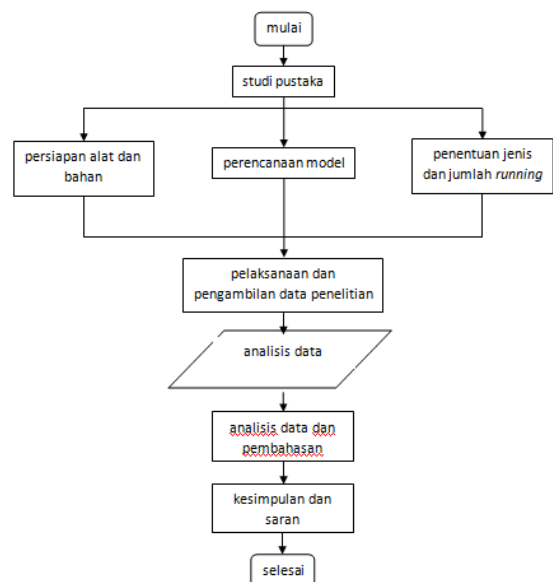
v = kecepatan aliran

g = percepatan gaya tarik bumi (9,8 m/dt²)



Gambar 3. Energi dalam Aliran Saluran Terbuka Berubah Beraturan (Ven Te Chow, 1992)

METODE PENELITIAN



Gambar 4. Bagan Alir Penelitian

1. Perencanaan Model Pelimpah

Bangunan pelimpah direncanakan dengan debit (Q) yang maksimum agar mendapatkan variasi debit aliran yang beragam. Berikut ini perhitungan perencanaan bangunan pelimpah dengan data-data sebagai berikut :

- Debit maksimum (Q) = 0,005 m³/dt
- Lebar saluran (b) = 0,3 m
- Tinggi pelimpah (p) = 0,2 m
- Dicoba h_d = 0,0385 m
- Kecepatan awal (V_0) =

$$V_0 = \frac{Q}{(p + h_d) \cdot b}$$

$$V_0 = \frac{0,005}{(0,2 + 0,0385) \cdot 0,3}$$

$$V_0 = 0,0699 \text{ m/dt}$$

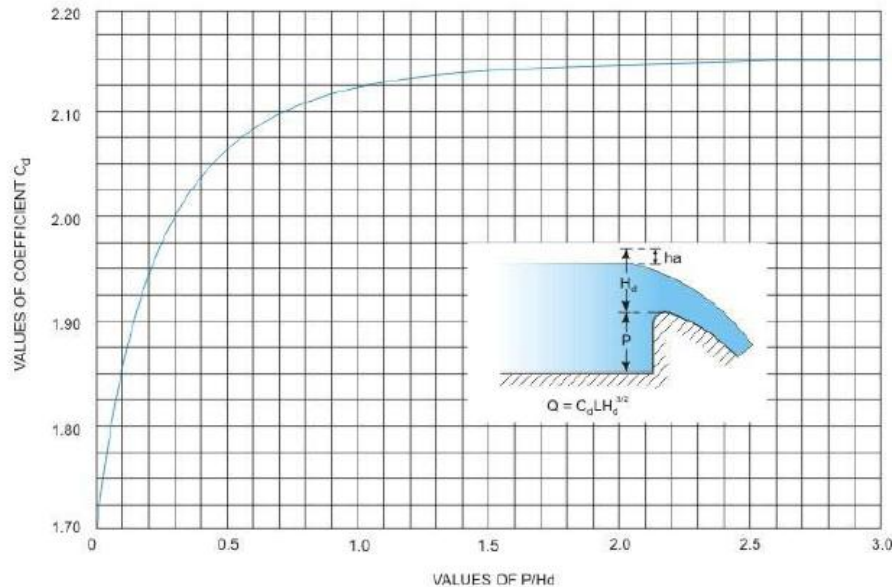
$$h_e = 0,0385 + \frac{0,0699^2}{2 \cdot 9,81}$$

$$h_e = 0,0387 \text{ m}$$

f) Tinggi tek. total (h_e) =

$$h_e = h_d + \frac{V_0^2}{2g}$$

g) Mencari koefisien C_d



Gambar 5. Grafik koefisien peluapan mercu ogee hubungan antara p/h_d (Hydraulic Structures for Flow Diversion and Storage, Version 2 CE IIT - Kharagpur)

Dari grafik koefisien peluapan mercu ogee hubungan antara p/h_d dengan C_d di atas didapat $p/h_d = 5.16$ dan dari ekstrapolasi dengan persamaan $y = 0,016x + 2,102$ di dapat nilai $C_d = 2,18$ maka kontrol debit (Q) adalah :

$$Q = C_d \cdot b \cdot h_e^3$$

$$Q = 2,18 \cdot 0,3 \cdot 0,0387^3 = 0,005 \text{ m}^3/\text{dt}$$

2. Perencanaan Kolam Olak

- a) Debit maksimum (Q) = $0,005 \text{ m}^3/\text{dt}$
- b) Lebar saluran (b) = $0,3 \text{ m}$
- c) Tinggi pelimpah (p) = $0,2 \text{ m}$
- d) Debit per satuan panjang bentang = $0,0167 \text{ m}^3/\text{dt}/\text{m}$
- e) Tinggi air kritis (h_c) =

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$$

$$h_c = \sqrt[3]{\frac{0,0167^2}{9,81}}$$

$$h_c = 0,0305 \text{ m}$$

f) Radius Lengkung (R_{\min}) =

$$\frac{R_{\min}}{h_c} = 1,55 ; \text{ untuk } \frac{h_d}{h_c} \leq 2$$

$$\frac{h_d}{h_c} = 1,2631 ; 1,2631 \leq 2$$

$$R_{\min} = 1,55 \times 0,0305 = 0,0472 \approx 0,05 \text{ m}$$

g) Kedalaman Air Minimum (T_{\min}) =

$$\frac{T_{\min}}{h_c} = 1,88 \left(\frac{h_d}{h_c} \right)^{0,215}$$

$$T_{\min} = 1,88 \left(\frac{0,0385}{0,0305} \right)^{0,215} \cdot 0,0305 = 0,0603 \text{ m}$$

3. Perencanaan Baffle Blocks

Perencanaan dimensi *baffle blocks* didasarkan atas besarnya radius lengkung bucket (R). Baffle Blocks terbuat dari bahan kayu berbentuk persegi empat berdimensi $5/12 R$ (2cm). Bentuk *baffle blocks* adalah berupa kotak kubus.

Tabel 1. *Running* Penelitian

No <i>running</i>	Seri	Kemiringan Hilir Tubuh Bendung	<i>Baffle Blocks</i>
1	I.a	4 : 1	variasi a
2	II.a	4 : 2	variasi a
3	III.a	4 : 3	variasi a
4	IV.a	4 : 4	variasi a
5	I.b	4 : 1	variasi b
6	II.b	4 : 2	variasi b
7	III.b	4 : 3	variasi b
8	IV.b	4 : 4	variasi b
9	I.c	4 : 1	variasi c
10	II.c	4 : 2	variasi c
11	III.c	4 : 3	variasi c
12	IV.c	4 : 4	variasi c

13	I.d	4 : 1	variasi d
14	II.d	4 : 2	variasi d
15	III.d	4 : 3	variasi d
16	IV.d	4 : 4	variasi d

Keterangan tabel :

Angka Romawi pada kolom seri (I, II, III dan IV) menunjukkan kemiringan hilir pelimpah

Huruf pada kolom seri (a, b, c dan d) menunjukkan perlakuan penempatan *baffle blocks*

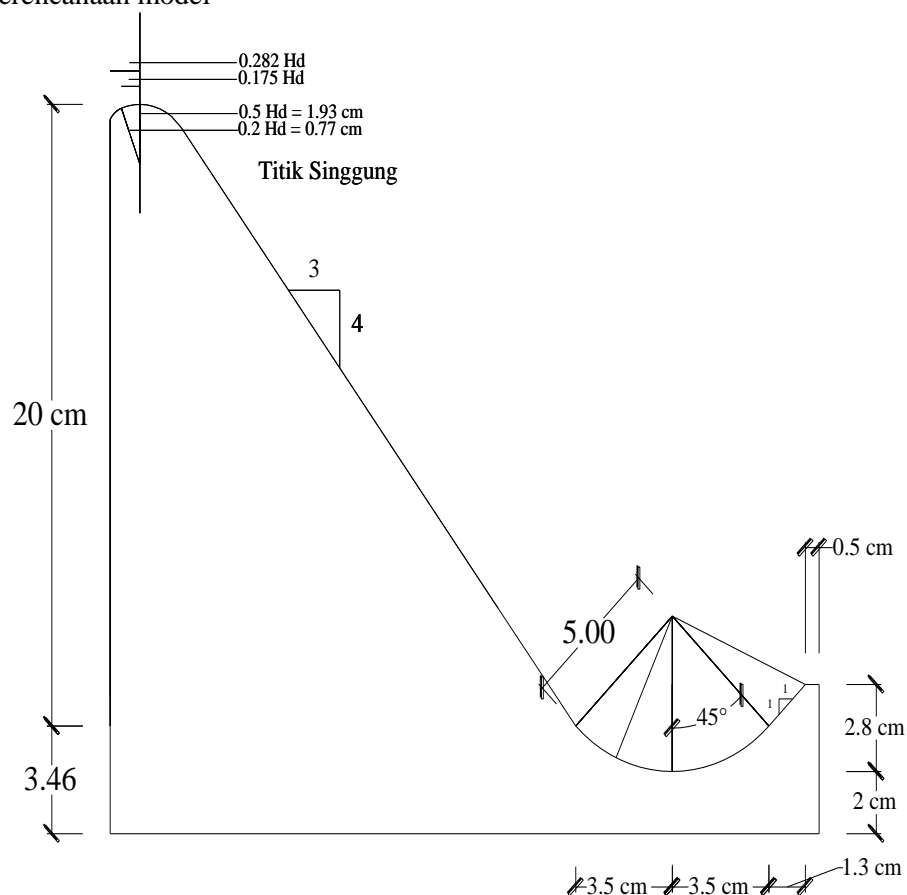
Variasi a (tanpa *baffle blocks*)

Variasi b (awal radius lengkung)

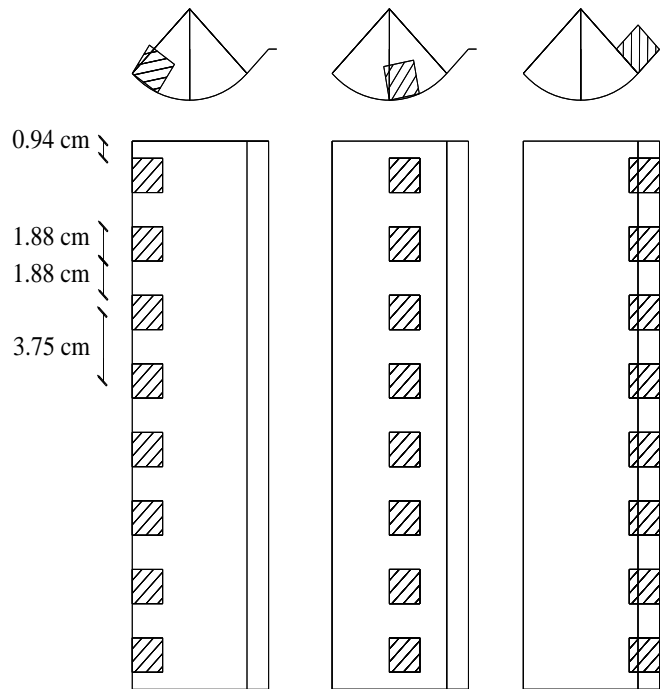
Variasi c (tengah radius lengkung)

Variasi d (akhir radius lengkung)

Gambar hasil perencanaan model



Gambar 6. Pelimpah ogee (kemiringan hilir 3:4) dengan kolam olak tipe *solid roller bucket*

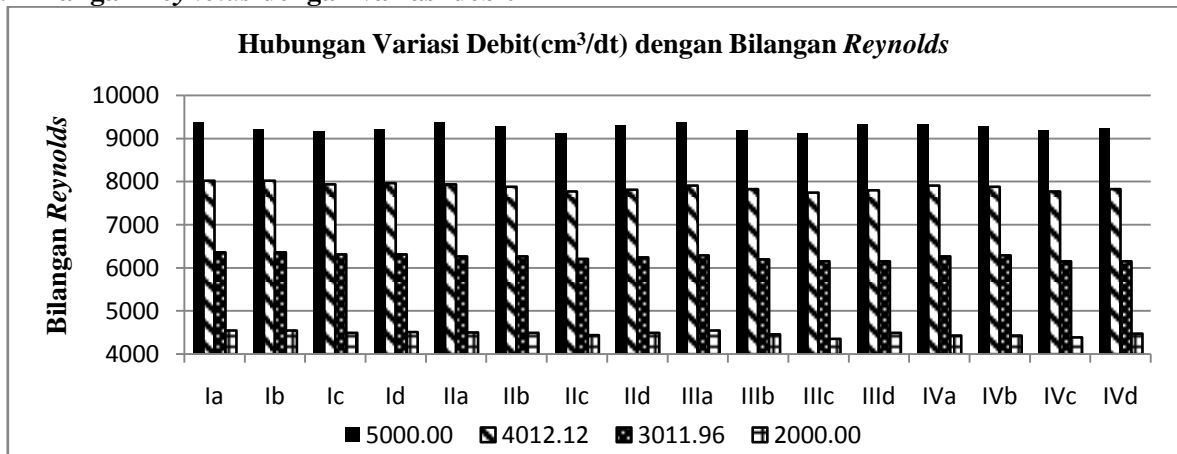


Gambar 7. Variasi susunan *baffle blocks* (seri b,c dan d)

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Penelitian dilakukan dengan mengalirkan air pada *open flume* melewati pelimpah *ogee* dengan 5 variasi debit ($2.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$, $3.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$, $4.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$ dan $5.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{dt}$) menggunakan pompa air, dilakukan pada 16 seri *baffle blocks*. Hasil analisis meliputi :

1. Bilangan *Reynolds* dengan variasi debit

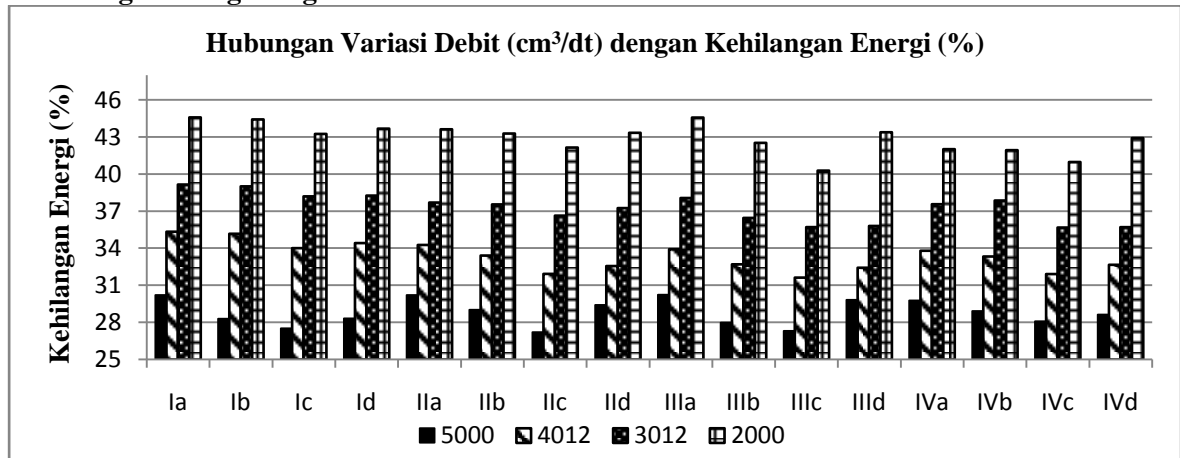


Gambar 8. Hubungan variasi debit dengan bilangan *Reynolds*

Gambar 8. menunjukkan hubungan antara variasi debit dengan Bilangan *Reynolds*. Aliran pada saluran terbuka adalah laminar pada bila Bilangan *Reynolds* (Re) < 500 , turbulen bila $Re > 1000$ dan diantara 500 - 1000 adalah transisi/ peralihan. Dari Gambar V.3 dapat diketahui bahwa semua aliran yang terjadi pada semua perlakuan adalah turbulen, karena memiliki nilai $Re > 1000$. Dari gambar juga terlihat semakin bertambahnya debit aliran, Bilangan *Reynolds* di hilir pusaran semakin besar, hal ini berbanding lurus (hubungan variasi debit dengan kecepatan di hilir pusaran)) dimana *baffle blocks* yang dipasang pada tengah radius lengkung (seri Ic, IId, IIIc dan seri IVc) adalah

susunan paling efektif. Masih dengan variasi debit yang sama dari tiap variasi kemiringan hilir bendung tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap besarnya Bilangan *Reynolds*.

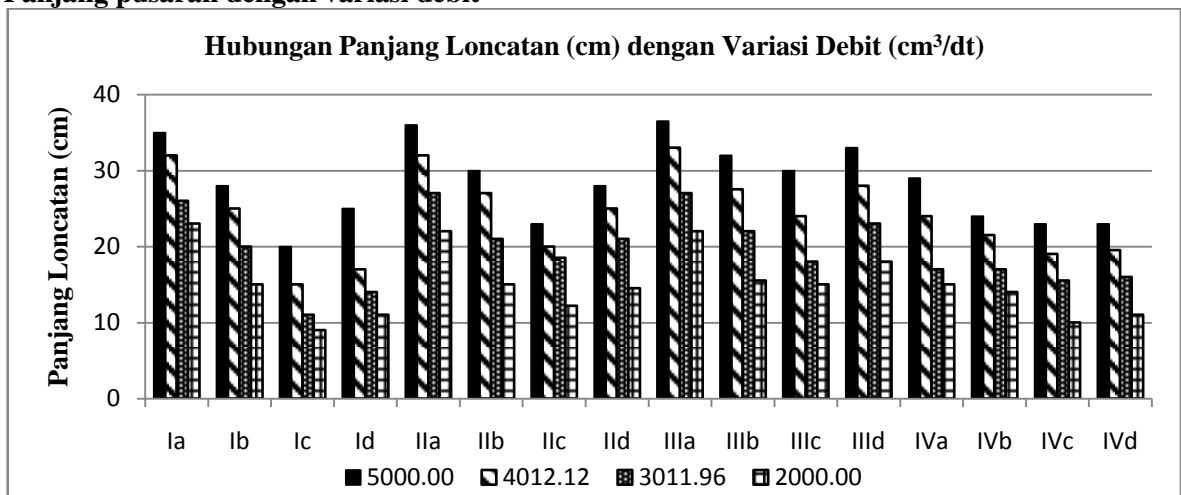
2. Kehilangan energi dengan variasi debit



Gambar 9. Hubungan variasi debit dengan efisiensi kehilangan energi

Kehilangan energi adalah hasil dari perhitungan energi spesifik aliran awal dikurangi dengan energi spesifik pada akhir olakan. Prosentase efisiensi kehilangan energi adalah besarnya kehilangan energi yang dapat diredam pada suatu aliran, dihitung dari hasil kehilangan energi dibagi dengan energi awal kemudian dikalikan 100%. Prosentase kehilangan energi terbesar terjadi pada aliran yang memiliki nilai *Fr* paling besar atau bisa dikatakan prosentase kehilangan energi terbesar terjadi pada aliran hilir yang memiliki loncatan paling sempurna/paling kuat. Loncatan hidrolis paling kuat terjadi pada susunan *baffle block* seri Ia, IIa, IIIa dan IVa dimana kolam olak tidak dilengkapi *baffle blocks*. Begitu juga dengan kemiringan hilir pelimpah, *Fr* terbesar terjadi pada pelimpah dengan kemiringan hilir 4:1 yang memiliki loncatan paling kuat diantara kemiringan hilir lainnya. Dari tabel pada Gambar 9 juga terlihat prosentase efisiensi kehilangan energi bertambah seiring berkurangnya variasi debit aliran. Prosentase efisiensi kehilangan energi terbesar terjadi pada seri Ia, IIa, IIIa dan seri IVa dimana kolam olak tidak dilengkapi *baffle blocks* dan kemiringan hilir pelimpah yang menghasilkan prosentase kehilangan energi terbesar adalah kemiringan 4:1 meskipun tidak berbeda jauh dengan kemiringan hilir pelimpah lainnya. Secara lengkap, hubungan antara variasi debit (*Q*) dengan kehilangan energi (*hf*) dapat dilihat pada lampiran.

3. Panjang pusaran dengan variasi debit



Gambar 10. Hubungan variasi debit dengan panjang pusaran

Panjang pusaran (L_j) diukur dari pusat jari-jari bendung (R) ke titik terjauh dari olakan. Dari grafik pada Gambar 10 terlihat semakin bertambahnya debit aliran, panjang pusaran semakin besar. Terlihat pula susunan *baffle blocks* yang paling efektif terjadi pada susunan yang terletak pada tengah lengkung kolam olak yaitu pada seri Ic, IIC, IIIC dan seri IVc. Kecepatan maksimum aliran adalah terjadi pada tengah radius lengkung, sehingga aliran maksimum yang dibenturkan langsung ke *baffle blocks* akan menghasilkan panjang pusaran paling minimum, itulah yang mengakibatkan seri Ic, IIC, IIIC dan seri IVc menghasilkan panjang pusaran paling minimum diantara perlakuan yang lainnya. Kemiringan tubuh hilir bendung yang efektif meredam pusaran air secara umum terlihat pada tabel adalah kemiringan 4:4. Karakteristik jatuh aliran air pada mercu pelimpah menyebabkan terjadinya gesekan antara aliran dengan tubuh pelimpah, gesekan tersebut menyebabkan berkurangnya kecepatan jatuh aliran air. Gesekan antara aliran dengan dinding yang paling besar terjadi pada kemiringan hilir 4:4 sehingga menyebabkan panjang pusaran air terpendek diantara model kemiringan hilir pelimpah lainnya. Akan tetapi pernyataan ini tidak berlaku untuk kemiringan 4:3 yang seharusnya menghasilkan panjang pusaran lebih kecil diantara kemiringan hilir 4:2 dan 4:3.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan data penelitian serta hasil analisis dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Dengan debit aliran yang sama dari variasi kemiringan tubuh hilir bendung tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap turbulensi aliran. Bilangan reynolds terbesar terjadi pada debit 5.0×10^{-3} m³/dt diseri Ia, IIa dan IIIa yaitu sebesar 9363,300 yaitu terjadi pada kolam olak tanpa perlakuan *baffle blocks* dan bilangan reynolds terkecil terjadi pada kolam olak yang dipasang *baffle blocks* pada tengah radius lengkung yaitu pada debit 2.0×10^{-3} m³/dt diseri IIIC sebesar 4355,02. Hal ini menunjukkan bahwa *baffle blocks* yang diletakkan pada tengah radius lengkung adalah yang paling efektif dalam meredam turbulensi aliran di hilir pusaran.
2. Untuk meredam panjang pusaran *baffle blocks* yang dipasang pada tengah radius lengkung yaitu pada seri Ic, IIC, IIIC dan seri IVc yang merupakan susunan *baffle blocks* paling efisien. Panjang pusaran terpendek terjadi pada seri Ic dengan debit 2.0×10^{-3} m³/dt yaitu sepanjang 9 cm. Kemiringan tubuh hilir bendung yang paling besar meredam panjang pusaran air adalah kemiringan 4:4.

3. Efisiensi kehilangan energi bertambah seiring berkurangnya variasi debit, susunan *baffle blocks* yang diletakkan pada awal radius lengkung adalah yang paling efektif. Efisiensi kehilangan energi di hilir pusaran terbesar terjadi pada debit 2.0×10^{-3} m³/dt diseri Ia sebesar 44,59 % dan terkecil terjadi pada debit 5.0×10^{-3} m³/dt diseri IIC sebesar 27,20 %. Dengan debit aliran yang sama dari variasi kemiringan tubuh hilir bendung tidak terjadi perbedaan yang signifikan terhadap kehilangan energi.

Saran

Saran yang bisa diberikan dengan hasil penelitian ini adalah :

1. Untuk penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menambahkan penelitian mengenai gerusan di hilir pusaran.
2. Untuk penelitian lebih lanjut dapat juga dilakukan dengan variasi bentuk *baffle blocks* dan kemiringan tubuh hilir bendung yang lebih beragam serta menggunakan variasi ketinggian bendung.
3. Diperlukan peningkatan kapasitas debit pompa, agar variasi debit yang digunakan lebih beragam dan jarak interval debit bisa lebih besar.
4. Untuk penelitian lebih lanjut pengaruh suhu aliran (kekentalan kinematik) perlu dipertimbangkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnes, 1999, "Pengaruh Tataletak Baffle Block Pada Kolam Olakan USBR tipe IV Lantai Miring," Skripsi (Tidak diterbitkan) Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta.
- Anonim, 2001, Pedoman Penyusunan "Laporan Tugas Akhir", Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Anonim, 1986, *Standar Perencanaan Irigasi*, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan Utama KP-02, Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Anonom, *Module 4 Hydraulic Structures for Flow Diversion and Storage*.
<http://nptel.iitm.ac.in/courses/Webcourse-contents/IIT%20Kharagpur/Water%20Resource%20Engg/pdf/m4l08.pdf>, IITM, Kharagpur, Diakses 23 April 2013.
- Atmaja, I.T., 2003, Efektifitas Ukuran Blok halang pada kolam olakan USBR IV. Skripsi (Tidak diterbitkan) Universitas Sebelas Maret (UNS), Surakarta.
- Chow, V.T., 1992, *Hidrolika Saluran Terbuka*, Erlangga, Jakarta.
- Irawan, Jati, 2011, *Pengaruh Variasi Kemiringan pada Tubuh Hulu Bendung dan Penggunaan Kolam Olak Tipe Solid Roller Bucket terhadap Loncat Air dan Gerusan Setempat*, Skripsi (tidak diterbitkan), Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Mawardi, E. dan Memed, M., 2002, *Desain Hidraulik Bendung Tetap Untuk Irigasi Teknis*, Alfabeta, Bandung.
- Mays, L.W., 1999, *Hydraulic Design Handbook*, McGraw-Hill, New York, USA.
- Peterka, A.J., 1974, *Hydraulics Design Of Stilling Basin And Energy Dissipaters*, United States Department Of Interior, Bureau Of Reclamation, Denver, Colorado.
- Sasongko, 2010, *Unjuk Kerja Baffle Blocks Bentuk Cekung Dan Segitiga Untuk Memperbesar Kehilangan Energi Kinetik Serta Meredam Panjang Loncatan Air Pada Kolam Olak Tipe Solid Roller Bucket*, Skripsi (tidak diterbitkan), Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Sosrodarsono, S., 1989, *Bendung Tipe Urugan*, Dirjen Pengairan Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, PT Pradya Paramita, Jakarta.
- Tauvan, A.P., 2009. *Kajian Peredam Energi Pada Kolam OLak Tipe Solid Roller Bucket Dengan Buffle Bolcks Bentuk Kotak*, Skripsi (tidak diterbitkan), Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.
- Triatmodjo, Bambang, 1995. *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.